

Epitaxie de diamant grande surface par plasma micro-onde en régime pulsé

Cadre général :

Le diamant est un semi-conducteur à large bande interdite présentant un fort potentiel pour la fabrication de composants pour l'électronique de puissance. La technique la plus utilisée pour le synthétiser et le doper est la croissance CVD assistée par plasma micro-onde.

Souvent limité à quelques millimètres de côté, les substrats diamant depuis plusieurs années s'agrandissent et dépassent le centimètre de côté. Cette progression est permise par de nouvelles techniques ou approches tels que l'amélioration des procédés haute pression-haute température, les solutions de pavages, d'hétéroépitaxie ou les méthodes CVD. Il est maintenant parfaitement envisageable dans un futur proche d'avoir à disposition des substrats en diamant de 1 pouce ou plus. Dans ce contexte, il devient indispensable de prévoir l'avenir pour les croissances de couches diamant dopées dans les réacteurs actuels ou prévoir de nouveaux réacteurs pour ces procédés.

Les réacteurs utilisent tous aujourd'hui des sources microonde (MW) à 2.45GHz. Intrinsèquement malgré les efforts de dimensionnement des cavités MW, les tailles des boules plasmas qui se forment au niveau des ventres de champ électrique dans la cavité et où les pressions sont les plus basses, restent limitées par la longueur d'onde (12cm) tout en permettant la propagation de l'onde en étant au-dessus de la fréquence de coupure. D'autres difficultés sont inhérentes à ces procédés MW car ils se passent à des pressions intermédiaires (quelques centaines de mbar). Les couplages entre le champ électrique et les électrons mais aussi entre les électrons et les espèces massives du plasma conduisent à plusieurs inhomogénéités de la chimie et de la température des espèces. Le cœur du plasma peut se trouver à plusieurs milliers de degrés impliquant de forts gradients de concentration et de température. Le transport des espèces est donc particulièrement difficile à comprendre et implique pour les surfaces de croissance des disparités en termes d'épaisseur et de dopage.

La méthode classique pour améliorer l'homogénéité des couches déposées est souvent d'augmenter la puissance et la pression dans l'enceinte. Cela permet d'augmenter la taille de la boule plasma qui se forme au-dessus du substrat en évitant la création de plasma secondaire dans la cavité sur un ventre de champ secondaire. Toutefois cette méthode rencontre des limites. La première étant que, dans ces conditions, la température de l'échantillon augmente très fortement, dépassant les conditions optimales de croissances. Cela modifie également considérablement les équilibres chimiques en augmentant les collisions entre espèces dans le plasma qui peuvent parfois s'opposer à une bonne homogénéité de la croissance. L'effet de diffusion Soret est souvent mentionné pour tenter d'expliquer ces phénomènes. Cet effet de transport des espèces est gouverné par les gradients température et peut selon les espèces s'opposer au gradient de concentration (la diffusion de Fick).

Sujet exact, moyens disponibles :

Le sujet de ce stage est de tenter une nouvelle approche pour homogénéiser les couches de diamant sur 2 pouces. Elle consiste à pulser la puissance plasma, c'est-à-dire à l'allumer et l'étendre périodiquement à une fréquence suffisante pour conserver une partie importante des espèces actives pour la croissance dans la phase gazeuse tout en permettant une réduction temporaire du gradient thermique et ainsi homogénéiser les espèces. Le réacteur BJ150 actuellement installé dans la salle de croissance du laboratoire est parfaitement adapté à l'idée défendue dans ce projet pour une croissance 2 pouces.

Le stage se déroulera en collaboration entre l'institut NEEL et la société DIAMFAB. Si les résultats sont encourageants, le stage pourrait se prolonger sur une thèse CIFRE.

Formation / Compétences :

Maîtrise en physique ou en ingénierie des matériaux avec des connaissances minimales en physique des Plasmas ou dans la conception de matériaux par voie gazeuse.

Période envisagée pour le début du stage / durée du stage : Février 2025 / 6 mois

Contact : EON David

Institut Néel - CNRS : 0456 38 1079 david.eon@neel.cnrs.fr

Plus d'informations sur : <http://neel.cnrs.fr>